

お手軽介護予防トレーニングプログラム (Do-SAR/B 体操) の開発 (第2報)

—各動作時の作動筋に関する筋電図学的検討—

柳田 昌彦¹, 石原 一成²

Development of the comfortable training program (Do-SAR/B exercise) to prevent frailty and disability (2nd report)

— Electromyographic examination of the agonist muscles during various movements of Do-SAR/B exercise —

Masahiko Yanagita¹, Kazunari Ishihara²

The purpose of the present study was to develop a simple and enjoyable training program to prevent frailty and disability for elderly individuals. We created an original composite training program (Do-SAR/B exercises) which can be conducted over a short period of time; in this program, participants perform flexibility exercise, aerobic exercise, and resistance exercise on a balance pad along with Doshisha University college songs. We also conducted electromyographic analysis in order to examine the types of skeletal muscles mobilized in this training program.

The subject was a single healthy adult man. We conducted electromyographic analysis to identify the types of skeletal muscles mobilized in each movement in Do-SAR/B exercises. A total of 17 muscles were assessed: the biceps brachii, triceps brachii, brachioradialis, flexor carpi ulnaris, deltoid, trapezius, erector spinae, latissimus dorsi, pectoralis major, rectus abdominis, abdominal oblique, gastrocnemius, peroneus longus, biceps femoris, rectus femoris, vastus lateralis, and vastus medialis muscles.

As a result of electromyographic analysis, in flexibility exercise, contraction was observed primarily in the biceps brachii, triceps brachii, flexor carpi ulnaris, trapezius, erector spinae, gastrocnemius, peroneus longus, vastus lateralis, and vastus medialis muscles. In aerobic exercise, contraction was observed primarily in the biceps brachii, flexor carpi ulnaris, deltoid, trapezius, erector spinae, latissimus dorsi, gastrocnemius, peroneus longus, biceps femoris, rectus femoris, vastus lateralis, and vastus medialis muscles. In resistance exercise, contraction was observed in all muscles assessed.

In all component programs of Do-SAR/B exercises (flexibility exercise, aerobic exercise, and resistance exercise), it was indicated that a wide range of skeletal muscles are mobilized in the upper limbs, lower limbs, and trunk.

[Keywords] Do-SAR/B exercise, electromyography, agonist, prevention, disability

本研究では、高齢者が手軽に楽しく介護予防運動を実施できるトレーニングプログラムを開発することを目的として、バランスパッドの上で柔軟運動・有酸素運動・レジスタンス運動を複合的に実施し、同志社大学のカレッジソングに合わせて短時間で取り組めるオリジナル複合トレーニングプログラム (Do-SAR/B 体操) を創作した。そして、このトレーニングプログラムを実施する際に動員される骨格筋の種類を検討するために筋電図解析を行った。

健常な成人男性1名を対象者として、Do-SAR/B 体操の各動作時に動員される骨格筋の種類を同定するために筋電図解析を行った。測定部位は、上腕二頭筋、上腕三頭筋、腕橈骨筋、尺骨手根屈筋、三角筋、僧帽筋、脊柱起立筋、広背筋、大胸筋、腹直筋、腹斜筋、腓腹筋、長腓骨筋、大腿二頭筋、大腿直筋、外側広筋、内側広筋の全17部位であった。

筋電図解析の結果、柔軟運動では上腕二頭筋、上腕三頭筋、尺骨手根屈筋、僧帽筋、脊柱起立筋、腓腹筋、長腓骨筋、大腿直筋、外側広筋、内側広筋が主に収縮していた。有酸素運動では上腕二頭筋、尺骨手根屈筋、三角筋、僧帽筋、脊柱起立筋、広背筋、腓腹筋、長腓骨筋、大腿二頭筋、大腿直筋、外側広筋、内側広筋が主に収縮していた。レジスタンス運動では全ての測定部位において収縮がみられた。

以上の結果から、Do-SAR/B 体操は、柔軟運動・有酸素運動・レジスタンス運動の全ての構成プログラムにおいて、上肢や下肢、体幹などの様々な骨格筋を広範囲に動員することが示唆された。

[キーワード] Do-SAR/B 体操, 筋電図, 作動筋, 予防, 要介護

1 同志社大学スポーツ健康科学部 (Faculty of Health and Sports Science, Doshisha University)

2 福井県立大学学術教養センター (Center for Arts and Sciences, Fukui Prefectural University)

I. 緒言

超高齢社会を迎えた日本においては、高齢者のメタボリックシンドロームや要介護状態に繋がるロコモティブシンドロームの予防・改善が、緊急かつ重大な健康課題となっている。

運動不足や老化による骨格筋の萎縮は、筋力を低下させて骨折や転倒、要介護状態、生活の質（QOL）の低下を招く（Vandervoort, 2002; Wolfson et al., 1995）。また、筋量の減少に伴う基礎代謝量の低下は、脂質・糖質代謝のエネルギー分解力の低下を引き起こし、肥満や糖尿病、高血圧などの生活習慣病の発症に悪影響を及ぼす（Hurley et al., 2000; Tzankoff et al., 1977）。これらのことから、日本の中高年者が今後ますます平均寿命や健康寿命を延伸させるためには、日常生活の中に運動を取り入れて、特に、筋肉を質・量的に強化させることが大切である。

一般的に、中高年者の健康・体力づくりに有効な運動には、ウォーキングやジョギングなどの有酸素運動、ウエイトマシンやダンベル、ゴムチューブなどの抵抗負荷を用いるレジスタンス運動、ストレッチングやラジオ体操などの柔軟運動がある。従来、日本の健康増進施策に取り入れられてきた健康づくり運動は、動脈硬化やインスリン抵抗性、肥満、高血圧などの生活習慣病リスクファクターを低減させる効果を持つ有酸素運動が主体であったが、平成9年に厚生省から「生涯を通じた健康づくりのための身体活動のあり方」が提示されて以降、レジスタンストレーニングのような筋力増強に寄与する運動が公衆衛生活動の現場に導入されるようになった。実際に、久野（2002）は高齢者のマスターランナーにおいても速筋線維の選択的萎縮が起きていることから、高齢者の健康増進のための運動として有酸素運動のみを推奨することは筋萎縮抑制の観点からみると不十分であり、筋量の増大や筋力向上に効果のあるレジスタンス運動の日常化が不可欠であると強調している。

近年、一般の中高年者が手軽に安全に取り組める軽レジスタンス運動として「ダンベル体操」や「玄米ニギニギ体操」が普及している（鈴木, 1993, 1999; 村田, 1996）。この体操は、我々の研究結果から中高年者の筋力向上の他に、体脂肪や高脂血症などの生活習慣病リスクファクターに対する予防・改善効果を併せ持つことが明らかになっている（柳田ほか, 1998, 1999, 2003）。

また、我々は福井県民謡である「イッチョライ節」に合わせて「ダンベル体操」を楽しく実践する「ふくいイッチョライダンベル体操」を創作し（柳田ほか, 2007）、この体操を健常な高齢者に1回10分以

上、週に3回以上、3ヵ月間実践させたところ、歩行・起居能力が高まることを明らかにした（柳田ほか, 2009）。

ところで、加齢に伴う運動機能の変化としては、筋力、バランス、柔軟性、敏捷性といった様々な機能の低下が報告されているが（Lynch et al., 1999; Lindle et al., 1997; 木村, 1991）、特に、バランス能力は加齢による低下が顕著であり、後期高齢者において障害されやすい（橋詰, 1986; 藤原, 1995; 木村ほか, 1998）。高齢者のバランス機能の低下と転倒には密接な関係があることが知られており（Province et al., 1995）、運動介入が高齢者のバランス機能を改善させる研究報告も数多く見受けられる（新井ほか, 2003; 永井ほか, 2009; 中川ほか, 2009; 谷田ほか, 2011; James, 2003; Howe et al., 2007）。

新井ほか（2003）は、虚弱高齢者に対してマシンを用いた高負荷のレジスタンストレーニングにバランストレーニングを組み合わせたプログラムを1回約90分間、週2回、3ヵ月間にわたって運動介入し、身体機能の改善について検討したところ、最大歩行速度、ファンクショナルリーチや開眼片足立ち時間等のバランス機能などに有意な改善を認めた。また、中川ほか（2009）は、特定高齢者に対して3ヵ月間と9ヵ月間の異なる期間で主要な筋肉に対する筋力トレーニングと立位バランス運動を行った結果、3ヵ月間で30秒椅子立ち上がりテストの有意な増加、Timed Up & Go および歩行時間の有意な短縮が認められたと報告している。

しかし、これらの運動プログラムは、ウエイトトレーニングマシンを用いた高負荷レジスタンストレーニングを主体とした運動プログラムで構成されていたり、指導者による適切な指導管理下で行わなければならないか、1回当たりの時間が1時間以上であったり、いずれも地域在住の高齢者が手軽に、楽しく、短時間で取り組めるプログラム内容ではない。

そこで、我々は高齢者が手軽に楽しく介護予防運動を実施できるトレーニングプログラムを開発することを目的として、バランストレーニング用具であるバランスパッドの上で柔軟運動・有酸素運動・レジスタンス運動を複合的に実施し、同志社大学のカレッジソング等に合わせて短時間（約12分間）で取り組める「お手軽介護予防トレーニングプログラム（Do-SAR/B体操）」を創作した（柳田ほか, 2014）。第1報では、このトレーニングプログラムが高齢者の生体にとってどの程度の生理的負荷を与えるのかを検証した結果、循環器系に対して過度な反応を引き起こす危険性は極めて低く、主観的運動強度では「ややきつい」程度で精神的負担度も適度であり、運動後の気分を爽快にさせ、「楽

しかった」,「これからも続けたい」と感じさせるトレーニングプログラムであった。

本稿では, Do-SAR/B 体操の構成プログラムである柔軟運動や有酸素運動, レジスタンス運動の各動作時における骨格筋の作動状況を検証することを目的として, 筋電図解析を行ったので報告する。

II. 方法

1. 「お手軽介護予防トレーニングプログラム (Do-SAR/B 体操)」の実施方法

Do-SAR/B 体操の実施方法は, 同志社大学の大学歌である「Doshisha College Song」や「不断の楽」, 「Doshisha Heroes」を BGM として用い, バランストレーニング用具のバランスパッド (AIREX 製, 縦幅 41cm × 横幅 50cm × 高さ 6cm) の上で柔軟運動・有酸素運動・レジスタンス運動の 3 種類の複合的運動を約 12 分間実施する運動プログラムであった (柳田ほか, 2014)。

2. 「Do-SAR/B 体操」の各動作における筋電図解析

1) 被験者

健康な成人男性 1 名 (年齢 22 歳) であった。

2) 筋電図解析

Do-SAR/B 体操の各動作において動員される骨格筋の種類を同定するために, 筋電計 (WEB-7000, 日本光電) を用いて筋電図解析を行った。測定部位は, 上腕二頭筋, 上腕三頭筋, 腕橈骨筋, 尺骨手根屈筋, 三角筋, 僧帽筋, 脊柱起立筋, 広背筋, 大胸筋, 腹直筋,

腹斜筋, 腓腹筋, 長腓骨筋, 大腿二頭筋, 大腿直筋, 外側広筋, 内側広筋の全 17 部位であった。電極の貼付部位については, 運動点と遠位腱部の中間位置とした。

3. 倫理的配慮

本研究の実施にあたり, 被験者には本研究の目的や方法, 参加の撤回や中断は自由意志であること, 事故等の発生や対応に万全の配慮をすること, 個人情報の管理を徹底することなどを文書と口頭で十分に説明し, 協力の承諾が得られた場合は同意書に署名をしてもらった。また, 本研究は, 同志社大学「人を対象とする研究」に関する倫理審査委員会の承認を得て行った。

III. 結果

Do-SAR/B 体操の各動作における筋電図解析

1) 柔軟運動

柔軟運動における筋電図の波形を図 1-1 (上肢), 図 1-2 (体幹), 図 1-3 (下肢) に示した。

上半身の動作では, 上腕二頭筋, 上腕三頭筋, 尺骨手根屈筋, 三角筋, 僧帽筋, 脊柱起立筋, 広背筋, 腓腹筋が主に収縮していた。

腕・体側の動作では, 上腕二頭筋, 上腕三頭筋, 尺骨手根屈筋, 三角筋, 僧帽筋, 脊柱起立筋, 腓腹筋, 外側広筋が主に収縮していた。

胸の動作では, 上腕三頭筋, 尺骨手根屈筋, 三角筋, 僧帽筋, 脊柱起立筋, 広背筋, 腹斜筋, 腓腹筋が主に収縮していた。

肩・背中の動作では, 上腕二頭筋, 尺骨手根屈筋,

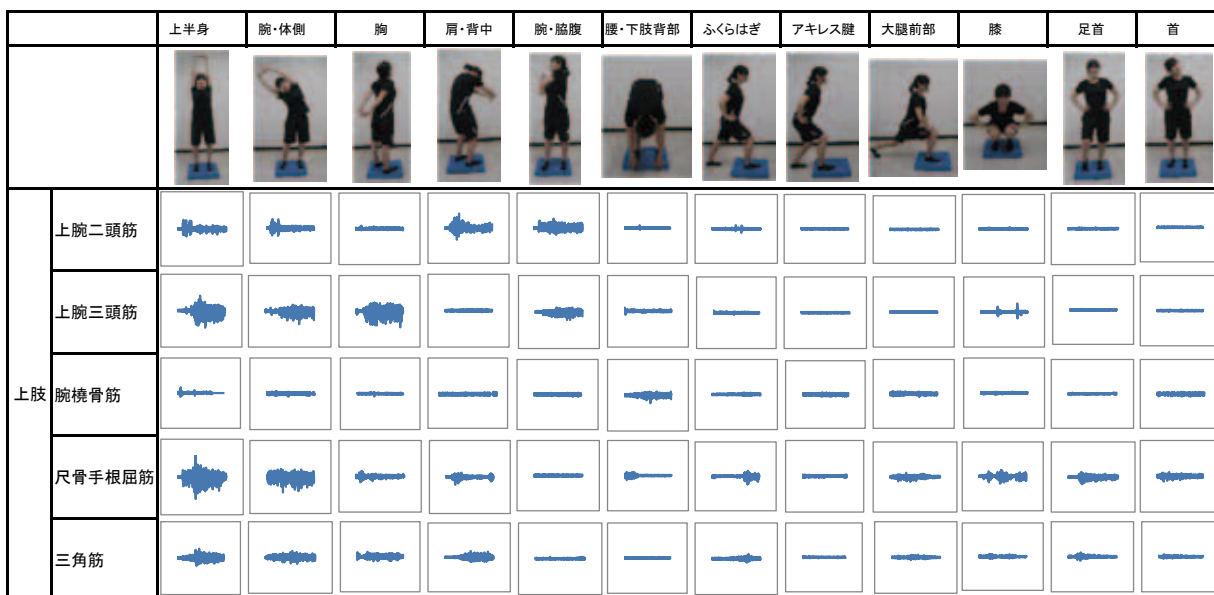


図1-1 柔軟運動の上肢における筋電図波形

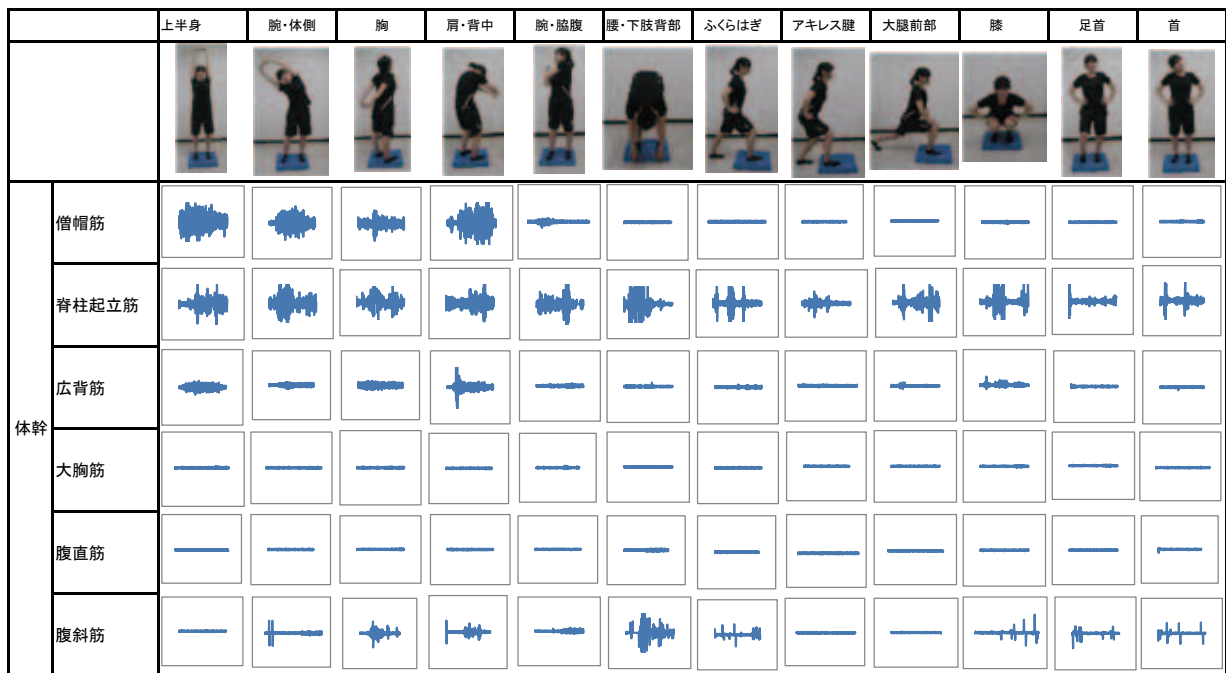


図1-2 柔軟運動における体幹の筋電図波形

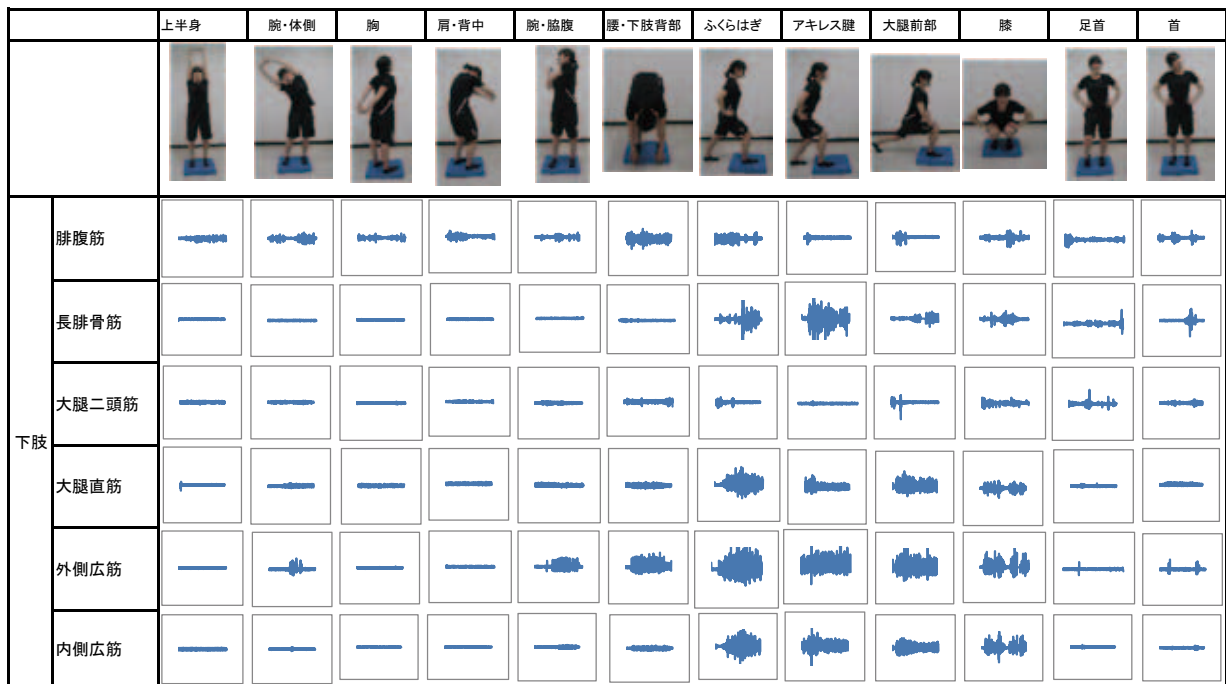


図1-3 柔軟運動における下肢の筋電図波形

三角筋，僧帽筋，脊柱起立筋，広背筋，腹斜筋，腓腹筋が主に収縮していた。

腕・脇腹の動作では，上腕二頭筋，上腕三頭筋，脊柱起立筋，腹斜筋，腓腹筋，外側広筋が主に収縮していた。

腰・下肢背部の動作では，腕橈骨筋，脊柱起立筋，

腹斜筋，腓腹筋，大腿二頭筋，外側広筋が主に収縮していた。

ふくらはぎの動作では，脊柱起立筋，腓腹筋，長腓骨筋，大腿直筋，外側広筋，内側広筋が主に収縮していた。

アキレス腱の動作では，脊柱起立筋，長腓骨筋，大

腿直筋, 外側広筋, 内側広筋が主に収縮していた。

大腿前部の動作では, 脊柱起立筋, 腓腹筋, 長腓骨筋, 大腿直筋, 外側広筋, 内側広筋が主に収縮していた。

膝の動作では, 尺骨手根屈筋, 脊柱起立筋, 広背筋, 腹斜筋, 腓腹筋, 長腓骨筋, 大腿二頭筋, 大腿直筋, 外側広筋, 内側広筋が主に収縮していた。

足首の動作では, 尺骨手根屈筋, 脊柱起立筋, 腓腹筋, 長腓骨筋, 大腿二頭筋が主に収縮していた。

首の動作では, 脊柱起立筋, 腓腹筋が主に収縮していた。

2) 有酸素運動

有酸素運動における筋電図波形を図 2-1 (上肢), 図 2-2 (体幹), 図 2-3 (下肢) に示した。また, 有酸素運動では, 動作が最大となる 2 セット目の筋電図解析を行った。

踵上げの動作では, 尺骨手根屈筋, 三角筋, 僧帽筋, 脊柱起立筋, 広背筋, 腹斜筋, 腓腹筋, 長腓骨筋, 大腿直筋, 外側広筋, 内側広筋が主に動員され, 特につま先立ちをしながら手を上に引き上げた際に三角筋, 僧帽筋, 腓腹筋に顕著な振幅がみられた。

ウォーキングの動作では, 上腕二頭筋, 尺骨手根屈筋, 脊柱起立筋, 腹斜筋, 腓腹筋, 大腿二頭筋, 大腿直筋, 外側広筋, 内側広筋が主に収縮していた。

昇降運動では, 上腕二頭筋, 腕橈骨筋, 尺骨手根屈筋, 僧帽筋, 脊柱起立筋, 腓腹筋, 大腿二頭筋, 大腿直筋, 外側広筋, 内側広筋が主に収縮した。特に上る

時に, 上腕二頭筋, 僧帽筋, 腓腹筋に顕著な振幅がみられた。

サイドステップの動作では, 上腕二頭筋, 三角筋, 僧帽筋, 脊柱起立筋, 広背筋, 腹斜筋, 腓腹筋, 大腿二頭筋, 大腿直筋, 外側広筋, 内側広筋が主に収縮した。

3) レジスタンス運動

レジスタンス運動における筋電図波形を図 3-1 (上肢), 図 3-2 (体幹), 図 3-3 (下肢) に示した。

スクワットの動作では, 上腕二頭筋, 上腕三頭筋, 尺骨手根屈筋, 三角筋, 僧帽筋, 脊柱起立筋, 腓腹筋, 長腓骨筋, 大腿二頭筋, 大腿直筋, 外側広筋, 内側広筋が主に動員され, 特に長腓骨筋, 大腿直筋, 外側広筋, 内側広筋に顕著な振幅がみられた。

太腿上げの動作では, 上腕二頭筋, 上腕三頭筋, 尺骨手根屈筋, 三角筋, 僧帽筋, 脊柱起立筋, 大胸筋, 腹直筋, 腹斜筋, 腓腹筋, 長腓骨筋, 大腿二頭筋, 大腿直筋, 外側広筋, 内側広筋が主に収縮していた。

ファンクショナルリーチ (前) の動作では, 上腕二頭筋, 尺骨手根屈筋, 三角筋, 僧帽筋, 脊柱起立筋, 広背筋, 腹斜筋, 腓腹筋, 大腿二頭筋, 大腿直筋, 外側広筋, 内側広筋が主に収縮していた。

ファンクショナルリーチ (横) の動作では, 上腕二頭筋, 上腕三頭筋, 尺骨手根屈筋, 三角筋, 僧帽筋, 脊柱起立筋, 腹斜筋, 腓腹筋, 内側広筋が主に収縮していた。

腕立て伏せの動作では, 上腕三頭筋, 尺骨手根屈

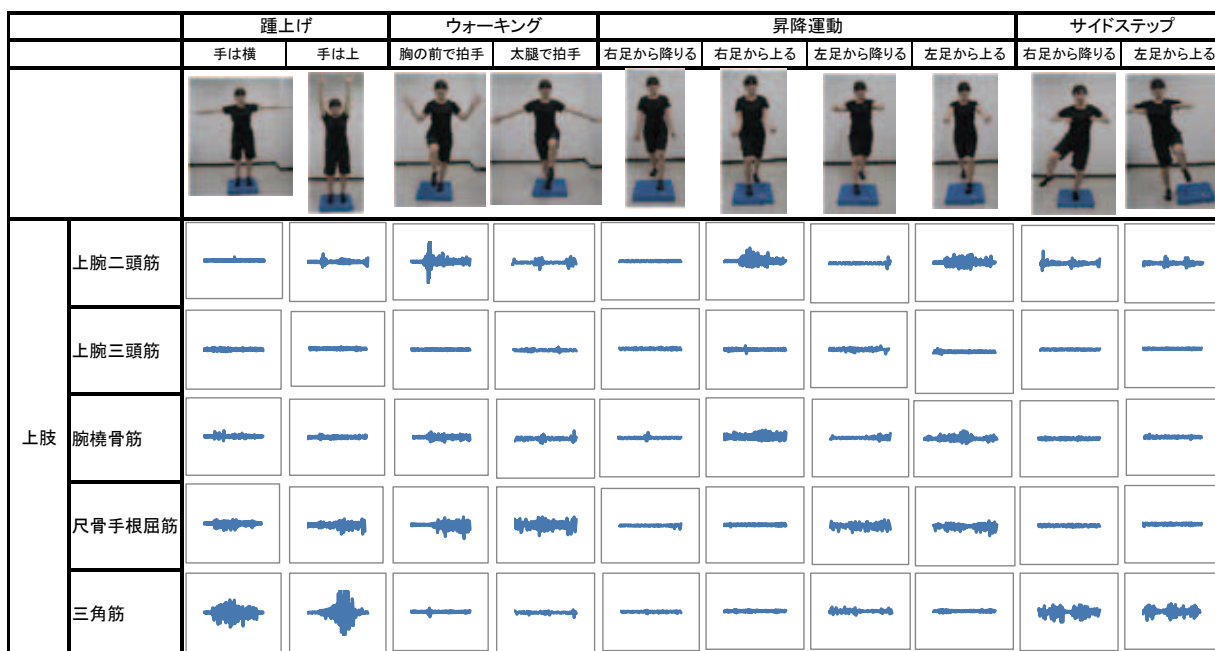


図2-1 有酸素運動における上肢の筋電図波形

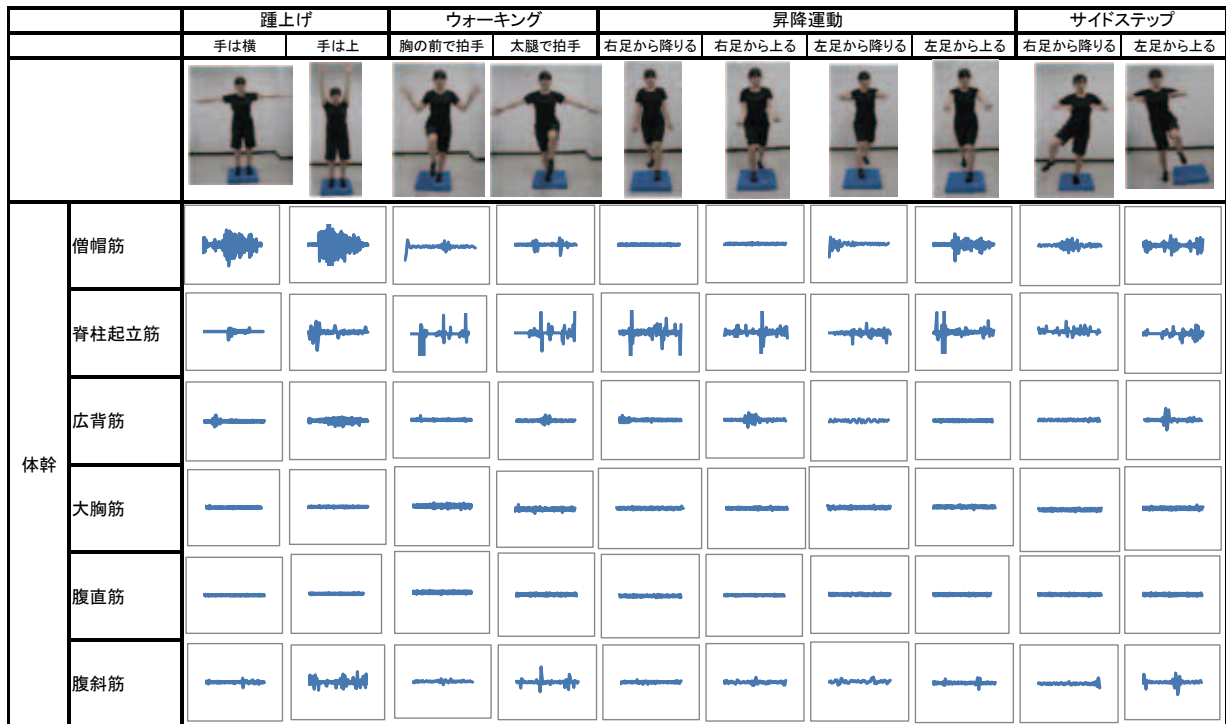


図2-2 有酸素運動における体幹の筋電図波形

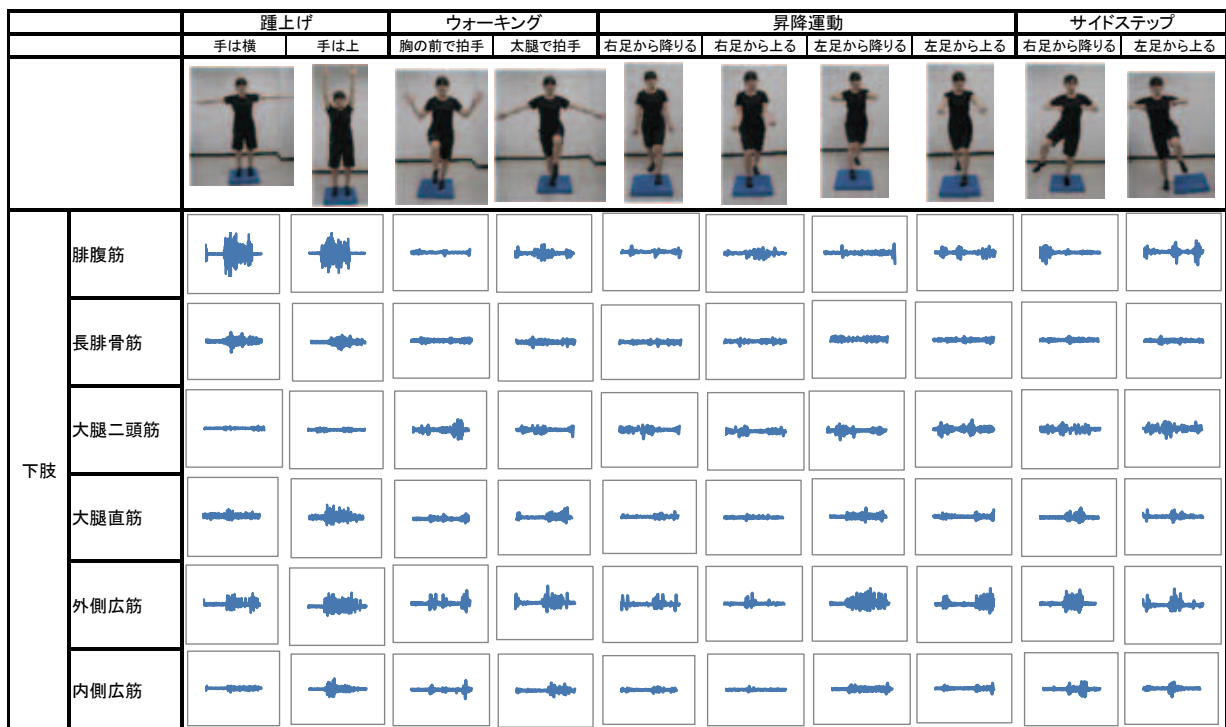


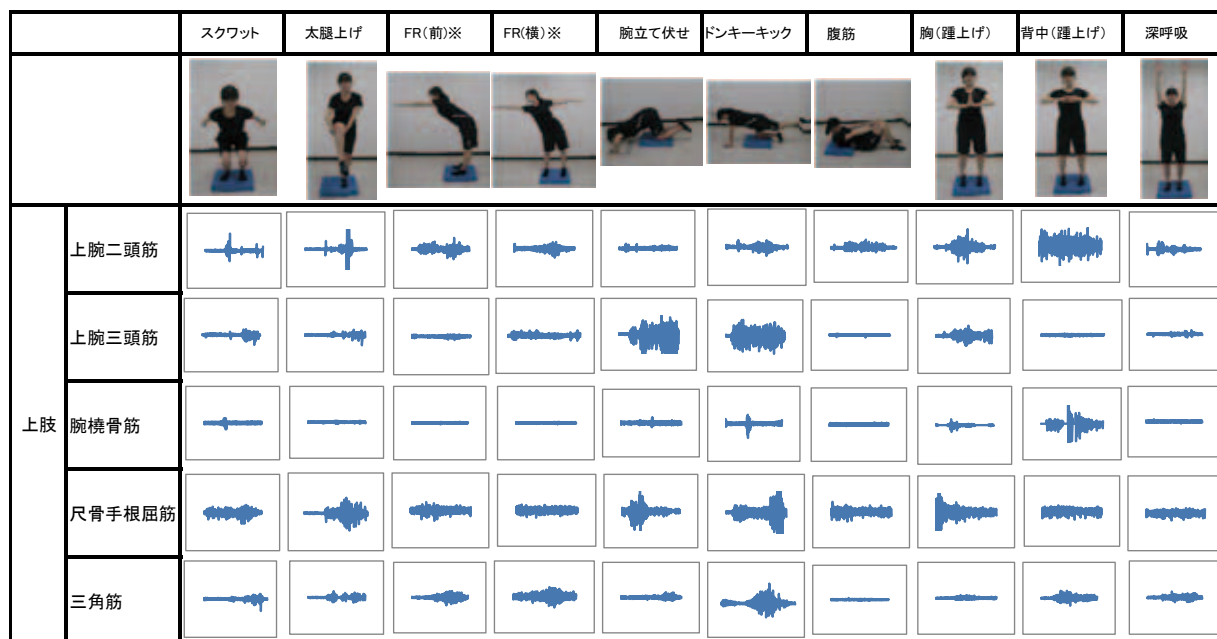
図2-3 有酸素運動における下肢の筋電図波形

筋、僧帽筋、脊柱起立筋、大胸筋、腹直筋、長腓骨筋が主に動員され、特に上腕三頭筋、尺骨手根屈筋、大胸筋が大きく振幅した。

ドンキーキックの動作では、上腕二頭筋、上腕三頭

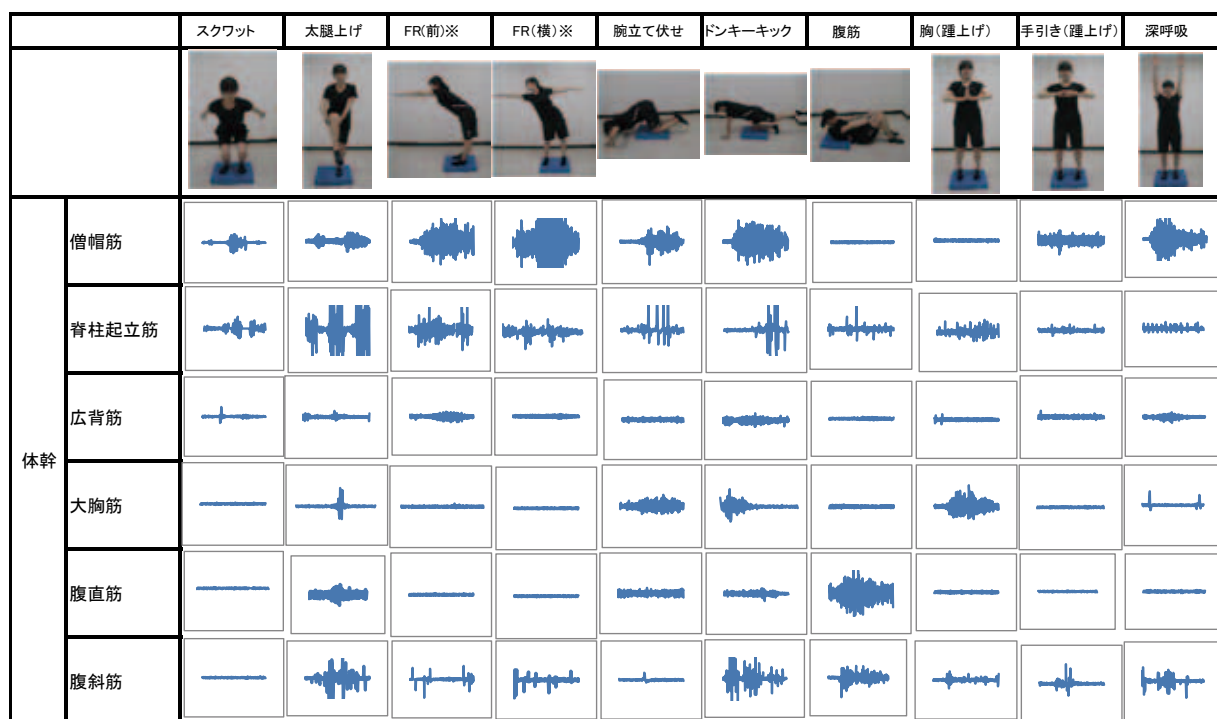
筋、腕橈骨筋、尺骨手根屈筋、三角筋、僧帽筋、脊柱起立筋、広背筋、大胸筋、腹直筋、腹斜筋、大腿二頭筋、大腿直筋、外側広筋、内側広筋が主に収縮していた。

腹筋の動作では、上腕二頭筋、尺骨手根屈筋、脊柱



※FR=ファンクショナルリーチ

図3-1 レジスタンス運動における上肢の筋電図波形



※FR=ファンクショナルリーチ

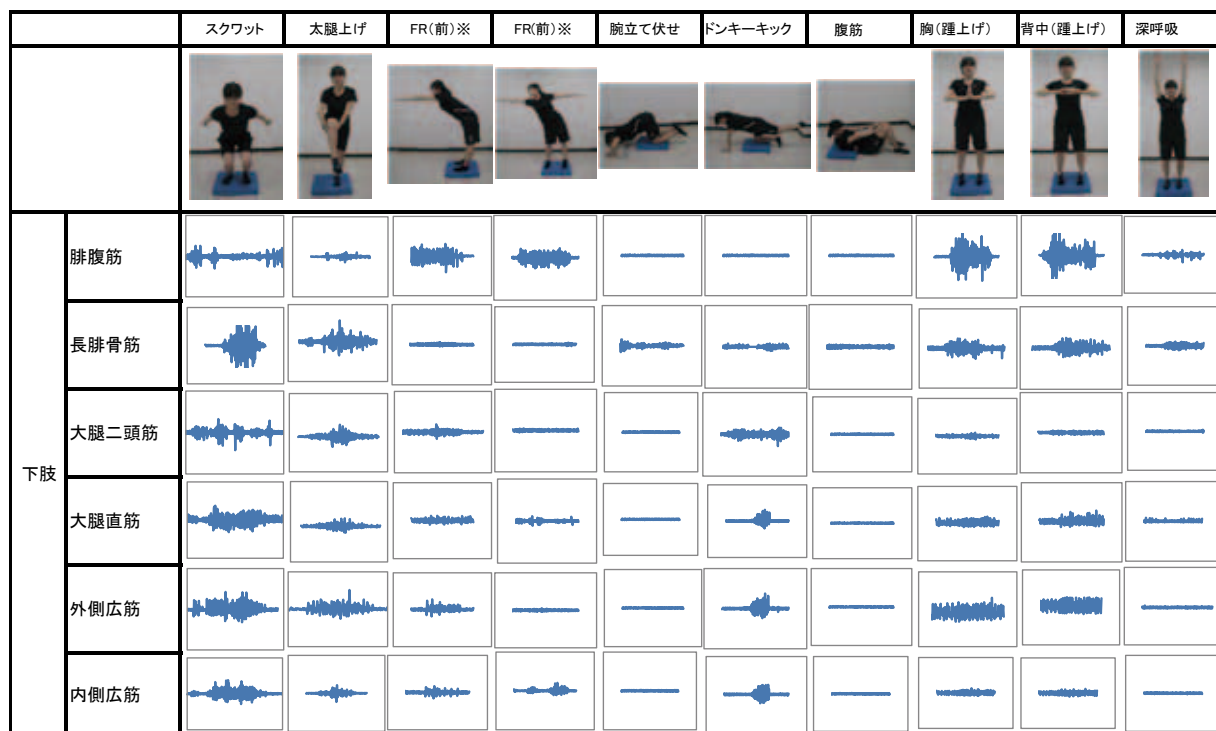
図3-2 レジスタンス運動における体幹の筋電図波形

起立筋、腹直筋、腹斜筋が主に動員され、特に腹直筋と腹斜筋に顕著な振幅がみられた。

胸(踵上げ)の動作では、上腕二頭筋、上腕三頭筋、腕橈骨筋、尺骨手根屈筋、脊柱起立筋、大胸筋、腹斜筋、腓腹筋、長腓骨筋、大腿直筋、外側広筋、内側広筋が主に動員され、特に上腕二頭筋、大胸筋、腓腹筋

が大きく振幅した。

背中・手引き(踵上げ)の動作では、上腕二頭筋、腕橈骨筋、尺骨手根屈筋、三角筋、僧帽筋、腹斜筋、腓腹筋、長腓骨筋、大腿直筋、外側広筋、内側広筋が主に動員され、特に上腕二頭筋、腕橈骨筋、腓腹筋が大きく振幅した。



※FR=ファンクショナルリーチ

図3-3 レジスタンス運動における下肢の筋電図波形

深呼吸の動作では、上腕二頭筋、尺骨手根屈筋、三角筋、僧帽筋、脊柱起立筋、広背筋、腹斜筋、腓腹筋、長腓骨筋が主に収縮していた。

IV. 考察

「お手軽介護予防トレーニングプログラム(Do-SAR/B体操)」の創作に際しては、種目の選定における主な観点として、昇降運動や踏み込み動作、腿上げ、爪先立ちの動作など、下肢の主要筋群を動員する動作を数多く取り入れた。また、高齢者が自立して日常生活動作を遂行するためには下肢筋群に加え、上肢や体幹の筋力も重要であるため、有酸素運動においてもできる限り上肢筋群を動員するダイナミックな動作を加え、レジスタンス運動にも腕立て伏せやドンキーキックといった種目を加えるなどの工夫を施した(柳田ほか, 2014)。

本研究では、このDo-SAR/B体操において実際に動員される骨格筋の種類を筋電図によって検証したところ、柔軟運動・有酸素運動・レジスタンス運動の全ての構成プログラムにおいて上肢や下肢、体幹などの様々な骨格筋を広範囲に動員することが明らかになった。特に、下肢の骨格筋群が高頻度に動員されていた。これは全ての動作をバランスパッドの上で実施しており、足元が不安定な状態で常にバランスを保つために

下肢の筋肉が頻繁に動員されたのではないかと考えられる。また、太腿を上げる動作や踵上げの動作を多く取り入れているため、大腿直筋などの膝伸展筋群、腓腹筋や長腓骨筋などの足関節の屈曲・伸展に関わる骨格筋が頻繁に動員されたものと考えられる。これらの結果から、Do-SAR/B体操を創作した主目的である高齢者の転倒・骨折の防止、延いては要介護状態の予防に寄与できる可能性が考えられる。

高齢者の介護予防には、下肢筋力に加え上肢の筋力も重要である。神沢ほか(1987)は、起き上がり動作においては上腕二頭筋や胸鎖乳突筋、大胸筋の作用が大きく、上腕三頭筋の作用が加わるとより容易になることを明らかにしている。また、鈴木(2003)は、生活活動の自立に必要な健康(身体)条件は握力と腕力であり、物をつまみ・握り・上下左右に動かす力であると述べている。そして、握力と腕力を鍛えることが、虚弱化防止、生活自立力の維持、要介護生活の防止に役立つと報告している。このDo-SAR/B体操は、腕を曲げ伸ばしする動作や腕立て伏せ、手を押し合ったり引き合ったりする動作などを数多く取り入れており、上腕二頭筋や上腕三頭筋、尺骨手根屈筋などの上肢筋群が頻繁、かつ広範囲に動員されていることが明らかになった。したがって、この体操は起き上がり動作に加え、食事や炊事、着替え、入浴などの日常生活能力の維持・向上に寄与する可能性も考えられる。

しかし、Do-SAR/B 体操は、柔軟運動や有酸素運動に加えてレジスタンス運動も実施するが、ほとんどの動作が等張性運動であり、自重による穏やかな強度で実施するため、実際に筋力の維持や増加に効果を引き起こすか否かは縦断的な介入研究などの実証研究を行わなければならない。

レジスタンストレーニングの強度と高齢者の筋力向上や筋肥大に及ぼす効果との関連性について検討した先行研究を眺めてみると、多くの研究が高強度のトレーニング負荷ほどそれらの効果が大きくなることを明らかにしている (Frontera et al., 1988; Fiatarone et al., 1994; Hunter et al., 1999; Hagerman et al., 2000; Binder et al., 2005)。しかし、高齢者においては、高血圧や関節痛など何らかの健康問題を抱えている者が多く、高強度の負荷でトレーニングさせる場合には専門的な設備や指導者が配置されている施設でなければ実施できない。したがって、一般の高齢者にとっては、地域や家庭で、手軽に、安全に実施できることが求められる。

近年、低強度のトレーニング負荷でも高齢者の下肢筋力を有意に増加させることを明らかにした知見が増えてきている (Hortobagyi et al., 2001; Vincent et al., 2002; Seynnes et al., 2004)。また、高齢者が低強度もしくは中強度の身体活動へ参加することは、精神的にも取り組みやすく、継続しやすい (Pollock, 1988)。低強度のレジスタンストレーニングでも長期間継続している者は、生活自立度が高いことも報告されている (Spirduso and Cronin, 2001)。

我々が創作した Do-SAR/B 体操は、心拍数の変化や METs の値から、低～中強度に該当する運動プログラムであると思われるが、実施頻度や継続期間に留意して日常生活化すれば、高齢者の筋力やバランス能力向上、日常生活自立度の向上に効果を発揮できる可能性が期待でき、これらの介護予防効果については、今後、無作為化比較試験 (RCT) による介入研究によって検証していくつもりである。

V. 要約

本研究では、高齢者が手軽に楽しく介護予防運動を実施できるトレーニングプログラムを開発することを目的として、バランスパッドの上で柔軟運動・有酸素運動・レジスタンス運動を複合的に実施し、同志社大学のカレッジソングに合わせて短時間で取り組めるオリジナル複合トレーニングプログラム (Do-SAR/B 体操) を創作した。そして、このトレーニングプログラムを実施する際に動員される骨格筋の種類を検討するために筋電図解析を行った。

その結果、柔軟運動では上腕二頭筋、上腕三頭筋、尺骨手根屈筋、僧帽筋、脊柱起立筋、腓腹筋、長腓骨筋、大腿直筋、外側広筋、内側広筋が主に収縮していた。有酸素運動では上腕二頭筋、尺骨手根屈筋、三角筋、僧帽筋、脊柱起立筋、広背筋、腓腹筋、長腓骨筋、大腿二頭筋、大腿直筋、外側広筋、内側広筋が主に収縮していた。レジスタンス運動では全ての測定部位において収縮がみられた。

したがって、Do-SAR/B 体操は、柔軟運動・有酸素運動・レジスタンス運動の全ての構成プログラムにおいて、上肢や下肢、体幹などの様々な骨格筋を広範囲に動員することが示唆された。

参考文献

- 新井武志, 大淵修一, 芝喜嵩, 島田裕之, 後藤寛司, 大福幸子, 二見俊郎: 高負荷レジスタンストレーニングを中心とした運動プログラムに対する虚弱高齢者の身体機能改善効果とそれに影響する身体・体力要素の検討. 理学療法学, 30, 377-385, 2003.
- Binder, E.F., Yarasheski, K.E., Steger-May, K., Sinacore, D.R., Brown, M., Schechtman, K.B. and Holloszy, J.O.: Effects of progressive resistance training on body composition in frail older adults: Results of a randomized, controlled trial. *J. Gerontol. Med.Sci.*, 60A, 1425-1431, 2005.
- Fiatarone, M.A., O'Neill, E.F., Doyle, R.N., Clements, K.M., Solares, G.R., Nelson, M.E., Roberts, S.B., Kehayias, J.J., Lipsitz, L.A. and Evans, W.J.: Exercise training and supplementation for physical frailty in very elderly people. *N.Engl.J.Med.*, 330, 1769-1775, 1994.
- Frontera, W.R., Meredith, C.N., O'Reilly, K.P., Knuttgen, H.G. and Evans, W.J.: Strength conditioning in older men: skeletal muscle hypertrophy and improved function. *J.Appl. Physiol.*, 64, 1038-1044, 1988.
- 藤原勝夫: 姿勢の保持. 体育の科学, 45, 186-191, 1995.
- Hagerman, R.C., Walsh, S.J., Staron, R.S., Hikida, R.S., Gilders, R.M., Murray, T.F., Toma, K. and Ragg, K.E.: Effects of high-intensity resistance training on untrained older men. I. Strength, cardiovascular, and metabolic responses. *J. Gerontol. Biol. Sci.*, 55, B336-B346, 2000.
- 橋詰謙: 立位保持能力の加齢変化. 日本老年医学雑誌, 23, 85-91, 1986.
- Hortobagyi, T., Tunnel, D., Moody, J., Beam, S. and DeVita, P.: Low-or high-intensity strength training partially restores impaired quadriceps force accuracy and steadiness in aged adults. *J. Gerontol. Biol.Sci.*, 56, B38-B47, 2001.
- Howe, T.E., Rochester, L., Jackson, A., Banks, P.M. and Blair, V.A.: Exercise for improving balance in older people. *Cochrane Database Syst. Rev.*, 17, 2007.
- Hunter, S.K., Thompson, M.W., Ruell, P.A., Harmer, A.R., Thom, J.M., Gwinn, T.H. and Adams, R.D.: Human skeletal sarcoplasmic reticulum Ca^{2+} uptake and muscle function with

- aging and strength training. *J.Appl.Physiol.*, 86, 1858-1865, 1999.
- Hurley, B. and Roth, S.: Strength training in the elderly: effects on risk factors for age-related diseases. *Sports Med.*, 30, 249-268, 2000.
- James, J.O.: Balance training to maintain mobility and prevent disability. *Am.Prev. Med.*, 25, 150-156, 2003.
- 神沢信行, 山下隆昭, 森本栄, 小嶋功, 小田邦彦: 頸椎損傷者の起き上がり動作について. *理学療法学*, 14 (4), 333-339, 1987.
- 木村みさか: 高齢者への運動負荷と体力の老化変化および運動習慣. *J.sports Sci.*, 10, 722-729, 1991.
- 木村みさか, 奥野直: 高齢者の立位保持に関する一考察. *体育科学*, 26, 103-114, 1998.
- 久野譜也: 高齢者の筋力トレーニング. *体育の科学*, 52 (8), 617-625, 2002.
- Lindle, R.S., Metter, E.J., Lynch, N.A., Fleg, J.L., Fozard, J.L., Tobin, J.D., Roy, T.A. and Hurley, B.F.: Age and gender comparisons of muscle strength in 654 women and men aged 20-93 yr. *J.Appl.Physiol.*, 83, 1581-1587, 1997.
- Lynch, N.A., Metter, E.J., Lindle, R.S., Fozard, J.L., Tobin, J.D., Roy, T.A., Fleg, J.L. and Hurley, B.F.: Muscle quality. I. Age-associated differences between arm and leg muscle groups. *J.Appl.Physiol.*, 86, 188-194, 1999.
- 村田耕一: ダンベル体操が効く. 東京: 主婦の友社, 48-55, 1996.
- 永井宏達, 市橋則明, 池添冬芽, 建内宏重, 坪山直生: バランストレーニング実施頻度が後期高齢者の運動機能に与える影響. *京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻紀要*, 6, 21-27, 2009.
- 中川和昌, 金城拓人, 半田学, 猪股伸晃, 今野敬貴, 萩原絹代: 群馬県みなかみ町の特定高齢者施策における運動介入報告 - 運動介入の期間の違いによる比較 -. *理学療法群馬*, 20, 17-23, 2009.
- Pollock, M.L.: Prescribing exercise for fitness and adherence. In R.K.Dishman (Ed.), *Exercise adherence*. Human Kinetics Publishers, Champaign IL, 259-277, 1988.
- Province, M.A., Hadley, E.C., Hornbrook, M.C., Lipsitz, L.A., Miller, J.P., Mulrow, C.D., Ory, M.G., Sattin, R.W., Tinetti, M.E. and Wolf, S.L.: The effect of exercise on falls in elderly patients. A preplanned meta-analysis of the FICSIT trials. *Frailty and injuries: Cooperative studies of intervention techniques*. *JAMA*, 273, 1341-1347, 1995.
- Seynnes, O., Fiatarone, M.A., Hue, O., Pras, P., Legros, P. and Bernard, P.L.: Physiological and functional responses to low-moderate versus high-intensity progressive resistance training in frail elders. *J.Gerontol. Med.Sci.*, 59A, 503-509, 2004.
- Spirduso, W.W. and Cronin, D.L.: Exercise dose-response effects on quality of life and independent living in older adults. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 33, S598-608, 2001.
- 鈴木正成: ダンベル・ダイエット. 東京: 扶桑社, 60-92, 1993.
- 鈴木正成: 玄米ダンベルニギニギ体操. 東京: 講談社, 9-32, 1999.
- 鈴木正成: ダンベル体操の健康性. *筑波大学体育科学系紀要*, 26, 1-6, 2003.
- 谷田惣亮, 分木ひとみ, 柴田奈緒美, 安田孝志, 藤川孝満, 川崎浩子, 白星伸一, 宇於崎孝, 西村圭二: 地域高齢者の運動介入によるバランス機能の変化. *佛教大学保健医療技術学部論集*, 5, 1-12, 2011.
- Tzankoff, S.P. and Norris, A.H.: Effect of muscle mass decrease on age-related BMR changes. *J.Appl.Physiol.*, 43, 1001-1006, 1977.
- Vandervoort, A.A.: Aging of the human neuromuscular system. *Muscle Nerve*, 25, 17-25, 2002.
- Vincent, K.R., Braith, R.W. and Feldman, R.A.: Resistance exercise and physical performance in adults aged 60 to 83. *J.Am. Geriatr. Soc.*, 50, 1100-1107, 2002.
- Wolfson, L., Judge, J., Whipple, R. and King, M.: Strength is a major factor in balance, gait, and the occurrence of falls. *J. Gerontol.*, 50, 64-67, 1995.
- 柳田昌彦, 佐竹正子, 飯沢とよ, 他: 山形県白鷹町におけるダンベル体操を取り入れた健康増進事業 - 中年肥満者の体脂肪量, 除脂肪量, 血中脂質における検討. *日本公衆衛生雑誌*, 45 (3), 279-285, 1998.
- 柳田昌彦, 鈴木正成: 運動が肥満者に及ぼす体脂肪減量効果における個人差と肥満遺伝子との関連. *小野スポーツ科学*, 7, 103-111, 1999.
- 柳田昌彦, 富永真琴: 山形県尾花沢市の健康増進事業における運動指導が生活習慣病ハイリスク者の形態, 血液成分および行動体力に及ぼす効果. *山形県立米沢女子短期大学紀要*, 38, 7-13, 2003.
- 柳田昌彦, 交野好子: 福井県における楽しい集団的介護予防体操「ふくいイッチョライダンベル体操」の創作. *北陸公衆衛生学会誌*, 33, 2, 60-69, 2007.
- 柳田昌彦: 地域在住高齢者の介護予防を目的としたレジスタンス運動プログラムの開発 - 福井県敦賀市の地域支援事業における縦断的運動効果の検証 -. *同志社スポーツ健康科学*, 1, 71-78, 2009.
- 柳田昌彦, 石原一成: お手軽介護予防トレーニングプログラム Do-SAR/B 体操の開発 (第1報) - 高齢者の生体負担度に関する生理学的検討 -. *同志社スポーツ健康科学*, 6, 7-23, 2014.